

537015

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 6 月 17 日 (17.06.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/051138 A1

- (51) 国際特許分類: F17C 1/06, B29C 67/14
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/015426
- (22) 国際出願日: 2003 年 12 月 2 日 (02.12.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-350373 2002 年 12 月 2 日 (02.12.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱
レイヨン株式会社 (MITSUBISHI RAYON CO., LTD.)
[JP/JP]; 〒108-8506 東京都港区港南一丁目 6 番 4 1 号
Tokyo (JP).

業所内 Aichi (JP). 石森 巧 (ISHIMORI, Takumi) [JP/JP];
〒440-8601 愛知県豊橋市牛川通四丁目 1 番地の 2
三菱レイヨン株式会社 豊橋事業所内 Aichi (JP). 杉
浦 正行 (SUGIURA, Masayuki) [JP/JP]; 〒440-8601 愛
知県豊橋市牛川通四丁目 1 番地の 2 三菱レイヨン
株式会社 豊橋事業所内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 志賀 正武, 外 (SHIGA, Masatake et al.); 〒
104-8453 東京都中央区八重洲 2 丁目 3 番 1 号 Tokyo
(JP).

(81) 指定国 (国内): CA, CN, JP, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

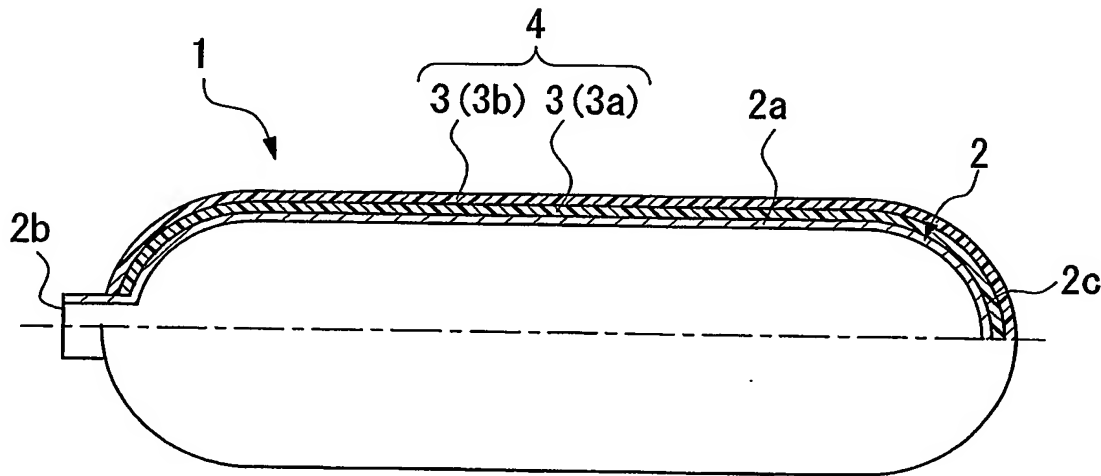
添付公開書類:
— 国際調査報告書

- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 竹本 秀博 (TAKE-
MOTO, Hidehiro) [JP/JP]; 〒440-8601 愛知県豊橋市牛
川通四丁目 1 番地の 2 三菱レイヨン株式会社 豊橋事

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される
各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: PRESSURE CONTAINER AND METHOD OF MANUFACTURING THE PRESSURE CONTAINER

(54) 発明の名称: 圧力容器およびその製造方法



(57) Abstract: A pressure container (1), wherein a fiber-reinforced resin layer (4) formed of fiber-reinforced resins (3), i.e., rein-
forced fibers impregnated with resin is formed on the surface of a container body (2), an internal pressure is applied to the container
body after the fiber-reinforced resin layer (4) is hardened so that a distortion on the surface of the container in the circumferential
direction is 0.7% to 0.9% to apply a pre-stress to the container body (2) and the fiber-reinforced resin layer (4) so as to elastically
deform (self-restraining treatment) the container body (2), and high-pressure gas is stored in the container at such a filling pressure
that a rupture pressure is 2.2 to 2.8 times the filling pressure, whereby since excellent fatigue characteristics and excellent bursting
characteristics can be provided to the pressure container and the weight thereof can be reduced, the pressure container (1) can be
suitably used for a storage container for high-pressure gas.

[続葉有]

WO 2004/051138 A1



(57) 要約:

容器本体（２）の表面に、樹脂を含浸させた強化繊維である強化繊維樹脂（３）からなる繊維強化樹脂層（４）を形成した圧力容器（１）であって、繊維強化樹脂層（４）を硬化させた後、容器本体（２）と繊維強化樹脂層（４）にプレストレスをかけるために、容器表面の周方向の歪が０．７％以上０．９％以下となるように内圧をかけて容器本体（２）を塑性変形（自緊処理）させ、破壊圧力が充填圧力の２．２～２．８倍となる充填圧力で高圧ガスを貯蔵する圧力容器（１）である。該圧力容器（１）は、疲労特性と破裂特性に優れ、かつ軽量なものとなるので、高圧ガス用の貯蔵容器等に好適に用いられる。

明細書

圧力容器およびその製造方法

技術分野

本発明は、高圧ガス用の貯蔵容器などに用いられる圧力容器およびその製造方法に関する。

背景技術

従来、高圧ガスの貯蔵容器としては、鋼鉄製の容器が用いられている。しかしながら、鋼鉄製の貯蔵容器は重量が大きく、移動や輸送等に多大な労力を必要とするものであった。例えば、気体燃料を用いる自動車では、車両重量を小さくし燃料消費量を抑制するため、燃料貯蔵容器を軽量化することが求められている。

そこで、高圧ガスの貯蔵容器として、従来の鋼鉄製のものに代えて、樹脂や金属製のライナー材を強化繊維で補強した複合材料からなる圧力容器が用いられるようになっている。この繊維強化複合材料からなる圧力容器は、充填圧力を高くでき、かつ軽量化が可能となる。

この繊維強化複合材料からなる圧力容器を製造する工程において、強化繊維を巻き付けるための代表的な方法としては、フィラメントワインディング法がある。フィラメントワインディング法は、樹脂を含浸した連続強化繊維をライナー材（容器本体）に巻き付け、その後、樹脂を硬化させることにより繊維強化複合材料からなる圧力容器を製造する方法である。

特許文献 1 には、異なる強化繊維を用いた 2 層以上の繊維強化複合材料層を備えた圧力容器が提案されている。この圧力容器では、外側の層のストランド弾性率を内側の層のストランド弾性率よりも高くし、それぞれの層に働く応力の大きさがほぼ一定となるようにすることによって、破壊圧（破裂特性）を高くすることができる。

【特許文献 1】 特開平 6 - 3 3 1 0 3 2 号公報

図 3 は、特許文献 1 に開示された圧力容器を示すものである。この圧力容器 5

0は、円筒状の金属製のライナー材51（容器本体）の胴部51a上に、樹脂被覆を施した強化材52a、53a、54aを内側から外側に向けて層状に巻き付けて、繊維強化樹脂製の被覆層52、53、54を形成したものである。

この圧力容器50では、外側の被覆層のストランド弾性率を、内側の被覆層のストランド弾性率よりも大きく設定することによって、各被覆層52、53、54に作用する周方向の引張り応力の大きさをほぼ一定とすることができるようになっている。このため、圧力容器50では、高耐圧性が得られ、軽量化が可能となる。

しかしながら、上記従来の圧力容器では、十分な破壊圧は得られるが、別の問題がある。すなわち、従来の容器は破裂時に粉々に碎けるため、その破片が飛散するのを防ぐ必要がある。

また、圧力容器に要求される特性としては、破裂特性だけでなく疲労特性も重要である。特にアルミニウムなどの金属からなるライナー材（容器本体）を用いる容器の場合には、高圧で自緊処理を行うことでライナー材に圧縮応力を与え、この圧縮応力をライナー材の線形特性の範囲となるように設定することによって、疲労特性を向上させることができる。

しかしながら、ライナー材に適度に与える圧縮応力を重視して圧力容器を設計すると、必要以上に破壊圧が高くなることがある。破壊圧を重視して圧力容器を設計すると、必要な圧縮応力が加えられなくなる。これらの結果として容器重量が大きくなるなどの問題が生じていた。

さらに、高圧ガス保安協会規格（KHK）S 1121のような圧力容器の規格は、ガラス繊維の特性、特に疲労特性を基に規格化されている。そのため、疲労特性の良好な強化繊維を用いた圧力容器には、不要に高い安全性が与えられているのが現状である。

発明の開示

本発明は上記した事情に鑑みなされたもので、疲労特性および破裂特性に優れ、かつ軽量である圧力容器およびその製造方法を提供すること目的としている。

本発明の圧力容器は、容器本体の表面に、樹脂を含浸させた強化繊維である強

化繊維樹脂からなる繊維強化樹脂層を形成した圧力容器であって、容器本体の表面に繊維強化樹脂層を形成し、この繊維強化樹脂層を硬化させた後、容器表面の周方向の歪が0.7%以上0.9%以下となるように内圧をかけて容器本体を塑性変形させたものであり、破壊圧力が充填圧力の2.2～2.8倍であることを特徴とする。

本発明の圧力容器の製造方法は、容器本体の表面に、樹脂を含浸させた強化繊維である強化繊維樹脂からなる繊維強化樹脂層を形成し、この繊維強化樹脂層を硬化させ、破壊圧力が充填圧力の2.2～2.8倍の圧力容器を得た後、容器表面の周方向の歪が0.7%以上0.9%以下となるように内圧をかけて容器本体を塑性変形させることを特徴とする。

上記の本発明の圧力容器およびその製造方法では、硬化後の繊維強化樹脂層に容器表面の周方向の歪が0.7%以上0.9%以下となるように内圧をかけて容器本体を塑性変形する処理（いわゆる自緊処理）を行い、かつ破壊圧力を充填圧力の2.2～2.8倍としたので、疲労特性および破裂特性を向上させるとともに、軽量化が可能となる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の圧力容器の一実施形態を示す部分断面図である。

図2A～Dは、図1に示す圧力容器を製造する方法の一例を示す説明図である。

図3Aは、従来の圧力容器の一例を説明する部分断面図であり、図3Bは、Aに示す圧力容器の要部拡大図である。

発明を実施するための最良の形態

図1は、本発明の圧力容器の一実施形態を示すものである。

ここに示す圧力容器1は、略円筒形の容器本体2の表面に、樹脂を含浸させた強化繊維である強化繊維樹脂3からなる繊維強化樹脂層4を設けたものである。

図中符号2aは胴部を示し、2bは開口部を示し、2cは底部を示す。

容器本体2は、金属からなるものであることが好ましい。容器本体2を構成す

る金属材料は特に限定されないが、例として、アルミニウム合金、マグネシウム合金、鉄などを挙げることができる。特に、アルミニウム合金は、容器本体 2 を軽量化するには好適である。

繊維強化樹脂層 4 は、多層構造とするのが好ましい。図示例において、繊維強化樹脂層 4 は、強化繊維樹脂 3 をその繊維の配向方向が容器本体 2 の周方向となるように巻きつけた周方向配向層 3 a 上に、強化繊維樹脂 3 をその繊維の配向方向が容器本体 2 の長軸方向となるように巻きつけた軸方向配向層 3 b を有する構成とされている。

本発明において、繊維強化樹脂層は、図示した構成に限らず、周方向配向層と軸方向配向層とを容器本体上に交互に複数積層した構造とすることができる。特に、繊維強化樹脂層 4 の最外層を周方向配向層 3 a とすると、良好な外観状態が得られるため好ましい。各層の数および厚みは、容器の用途、内容物の種類、大きさ等によって任意に選択することができる。

強化繊維に含浸させる樹脂（マトリックス樹脂）としては、特に限定されないが、エポキシ樹脂、ビニルエステル樹脂、フェノール樹脂、アクリル樹脂等が挙げられる。

強化繊維としては、特に限定されないが、炭素繊維、ガラス繊維、アラミド繊維、ポロン繊維、PBO 繊維等が挙げられる。

また、伸度が 1.4 % 以上 1.6 % 以下である強化繊維を用いると、優れた疲労特性および破裂特性を効率よく得ることができる。

また、ストランド弾性率が異なる 2 種類以上の強化繊維を用いることによって、疲労特性および破裂特性を向上させることができる。例えば、繊維強化樹脂層 4 を、複数の構成層からなる多層構造とし、これら構成層のうち 1 つに用いられている強化繊維のストランド弾性率が、他の構成層のうち 1 つに用いられている強化繊維のストランド弾性率と異なるようにすることによって、疲労特性および破裂特性を向上させることができる。この場合には、内側（容器本体 2 に近い側）の構成層にストランド弾性率が高いものを用いると、破裂したときに粉々になりにくいので、容器の安全性が向上する。

強化繊維のストランド弾性率は、250 GPa 以上とすると、疲労特性および

軽量性を向上させることができる。

次に、上記圧力容器 1 を製造する方法の一例について説明する。

(1) 繊維強化樹脂層形成

図 2 A に示すように、貯槽 6 内のマトリックス樹脂 7 を強化繊維 8 に含浸させ、強化繊維樹脂 3 を得る。

次いで、容器本体 2 を周方向に回転させつつ、強化繊維樹脂 3 を容器本体 2 に巻き付ける。これによって、強化繊維樹脂 3 の繊維配向方向が容器本体 2 の周方向となる周方向配向層 3 a を形成する。次いで、軸方向配向層 3 b を形成する。軸方向配向層 3 b を形成する際には、強化繊維樹脂 3 の繊維配向方向が容器本体 2 の長軸方向となるようにする。これによって、周方向配向層 3 a と軸方向配向層 3 b とからなる繊維強化樹脂層 4 を有する中間体容器 5 が得られる。

なお、軸方向配向層 3 b の上にさらに強化繊維樹脂層 3 を形成するには、上述の方法を採用することができる。

(2) 樹脂層硬化

図 2 B に示すように、中間体容器 5 を加熱炉 9 内で加熱する。

加熱温度は、40～180℃とするのが好ましい。この温度が上記範囲未満である場合または上記範囲を越える場合には、圧力容器 1 の疲労特性および破裂特性が劣化する。

この加熱処理によって、繊維強化樹脂層 4 を硬化させる。

本発明では、破壊圧力が充填圧力の 2.2 倍以上 2.8 倍以下（好ましくは、2.4 倍以上 2.7 倍以下）となるように製造条件を設定する。

(3) 自緊処理

図 2 C に示すように、自緊処理装置 10 を用いて、容器表面の周方向の歪が 0.7% 以上（好ましくは 0.75% 以上）、0.9% 以下（好ましくは 0.85% 以下）となるように自緊処理する。自緊処理とは、中間体容器 5 の容器の内圧を高め（以下、このときの容器の内圧の最大値を自緊処理圧力という）、ライナー材からなる容器本体 2 を塑性変形させた後、容器の内圧を低下させることによって、繊維強化樹脂層 4 の剛性により容器本体 2 に圧縮応力を与える処理である。

。 自緊処理圧力は、充填圧力の $5/3$ 倍以上、破壊圧力未満とするのが好ましい。自緊処理圧力をこの範囲とすることによって、容器本体 2 に圧縮応力がかかる充填媒体の充填と放出とを繰り返したときに、容器本体 2 にかかる応力が容器本体 2 の材料の線形特性の範囲となるため、優れた疲労特性を得ることができる。

自緊処理圧力が上記範囲（容器表面の周方向の歪が $0.7 \sim 0.9\%$ となる範囲）を外れる場合には、圧力容器 1 の疲労特性および破裂特性が劣化する。

以上の操作によって、圧力容器 1 が得られる（図 2 D）。

上記したように、圧力容器 1 では、破壊圧力が充填圧力の 2.2 倍以上 2.8 倍以下（好ましくは、 2.4 倍以上 2.7 倍以下）となるように製造条件を設定する。

破壊圧力が充填圧力の 2.2 倍未満であると、圧力容器 1 の疲労特性および破裂特性が不足する。破壊圧力が充填圧力の 2.8 倍を越えると、圧力容器 1 の疲労特性および破裂特性がオーバースペック（過剰）となる。この場合には、容器重量が大きくなるため軽量化の点で好ましくない。

なお、破壊圧力とは、容器の内圧を高め、容器を破裂させたときの容器の内圧をいう。

圧力容器 1 では、自緊処理を行ったときの容器表面の周方向の歪が 0.7% 以上 0.9% 以下であり、かつ破壊圧力が充填圧力の 2.2 倍以上 2.8 倍以下であるので、疲労特性および破裂特性を向上させるとともに、強化繊維樹脂 3（繊維強化樹脂層 4）を薄くすることができ、軽量化することが可能となる。

実施例

以下、具体例を示して本発明の圧力容器の作用効果を明確化する。

実施例および比較例の評価方法について説明する。

（1）破壊圧力の測定方法（破裂特性）

三菱レイヨン株式会社製水圧破壊試験機に容器をセットし、昇圧速度 1.4 MPa 以下で容器に水圧を負荷し、容器が破裂したときの圧力を測定した。この測

定を3回行い、その平均値を算出した。

(2) 疲労特性試験

三菱レイヨン株式会社製水圧サイクル試験機に容器をセットし、容器の内圧を大気圧から充填圧力の $5/3$ 倍の圧力まで上昇させた後、大気圧に戻す圧力変動操作を約2回/minの速度にて繰り返すことで容器を破裂させ、破裂するまでの圧力変動操作繰返し回数を測定した。この測定を3回行い、その平均値を算出した。

(3) 軽量性

軽量性は、各容器の繊維強化樹脂層4の重量を測定することで評価した。

実施例および比較例において使用した材料は以下の通りである。

(1) 強化繊維

(a) 強化繊維①：三菱レイヨン株式会社製炭素繊維TRH50-12Lを使用した。この炭素繊維は、単繊維直径 $7\mu\text{m}$ 、フィラメント数12000本で、ストランド強度4900MPa、ストランド弾性率255GPa、伸度1.9%である。

(b) 強化繊維②：三菱レイヨン株式会社製炭素繊維MR40-12Kを使用した。この炭素繊維は、単繊維直径 $6\mu\text{m}$ 、フィラメント数12000本で、ストランド強度4400MPa、ストランド弾性率295GPa、伸度1.5%である。

(c) 強化繊維③：三菱レイヨン株式会社製炭素繊維MR50-12Kを使用した。この炭素繊維は、単繊維直径 $6\mu\text{m}$ 、フィラメント数12000本で、ストランド強度5300MPa、ストランド弾性率290GPa、伸度1.8%である。

(d) 強化繊維④：三菱レイヨン株式会社製炭素繊維HR40-12Kを使用した。この炭素繊維は、単繊維直径 $6\mu\text{m}$ 、フィラメント数12000本で、ストランド強度4600MPa、ストランド弾性率390GPa、伸度1.2%である。

(e) 強化繊維⑤：三菱レイヨン株式会社製炭素繊維TR50S-ALA-12

Lを使用した。この炭素繊維は、単繊維直径 $7\mu\text{m}$ 、フィラメント数12000本で、ストランド強度4900MPa、ストランド弾性率238GPa、伸度2.0%である。

(2) マトリックス樹脂

樹脂①：三菱レイヨン株式会社製エポキシ樹脂#700B（組成 エピコート828/XN1045/BYK-A506）を使用した。

(3) トウプリプレグ

(a) トウプリプレグ①：1本のトウからなるプリプレグとして、Newport Adhesives and Composites inc. 社製WDE-3D-1 (MR60H-24P)を使用した。

このトウプリプレグは、三菱レイヨン株式会社製炭素繊維MR60H-24Pに、予めエポキシ樹脂（50℃の粘度：約30ポイズ）を含浸したもので、幅が約4mm、樹脂含有率が約28質量%である。用いられた炭素繊維は、単繊維直径 $5\mu\text{m}$ 、フィラメント数24000本で、ストランド強度5700MPa、ストランド弾性率295GPaである。

(b) トウプリプレグ②：Newport Adhesives and Composites inc. 社製WDE-3D-1 (HR40-12L)を使用した。

このトウプリプレグは、上記トウプリプレグ①において、炭素繊維を前述のMR60H-24Pから三菱レイヨン株式会社製炭素繊維HR40-12Lに代えて製造したものであり、幅が約3.5mm、樹脂含有率が約28質量%である。用いられた炭素繊維は、単繊維直径 $7\mu\text{m}$ 、フィラメント数12000本で、ストランド強度4600MPa、ストランド弾性率390GPaである。

なお、(a)、(b)において、ストランド弾性率は、JIS R 7601に準拠して試験片を作成し、引張試験により荷重-伸び曲線を記録し、その勾配（具体的には、40kgfから60kgfまで荷重をかけたときの荷重の増加分 ΔP （20kgf）と、 ΔP によって生ずる伸びの増加分 ΔL の比 $\Delta P/\Delta L$ ）から求めた。なお、試験片を作成した時に用いた含浸樹脂は、ERL-4221（

脂環式エポキシ樹脂、ダウケミカル日本社製）に、硬化剤としてアンカー 1115（三フッ化ホウ素モノイソプロピルアミン錯体、PTI ジャパン社製）を配合したエポキシ樹脂を用いた。

（４）容器本体

容量 9 リットルのアルミニウム製容器本体（全長 540 mm、胴部長さ 415 mm、胴部外径 163 mm、胴部の中央での肉厚 3 mm）を使用した。

〔実施例 1〕

充填圧 70 MPa の圧力容器 1 を以下の手順で作製した。

図 2 A に示すように、強化繊維②に樹脂①を含浸させた強化繊維樹脂 3 を、Entec Composite Machines Inc. 社製のフィラメントワインディング機を用いて容器本体 2 に巻き付け、繊維強化樹脂層 4 を形成した。繊維強化樹脂層 4 は、内側から外側に向けて、周方向配向層 3 a / 軸方向配向層 3 b / 周方向配向層 3 a / 軸方向配向層 3 b / 周方向配向層 3 a を有する 5 層構造とした。得られた中間体容器 5 の胴部の中央部で繊維強化樹脂層 4 の厚みを測定したところ、約 13 mm であった。

図 2 B に示すように、中間体容器 5 を加熱炉 9 に入れ、炉内の温度を室温から 135℃まで 1℃/分 で上昇させた。繊維強化樹脂層 4 の表面温度が 135℃に到達したことを確認した後、1 時間放置した。その後、炉内温度を 1℃/分 で 60℃まで降下させ、中間体容器 5 を加熱炉 9 から取り出して室温まで放冷した。繊維強化樹脂層 4 の重量は 5653 g であった。

図 2 C に示すように、自緊処理装置 10（三菱レイヨン株式会社製）を用いて、中間体容器 5 を自緊処理圧力 125 MPa で自緊処理し、容器本体 2 に圧縮応力を与え、圧力容器 1 を得た。自緊処理時の容器表面の周方向の歪は 0.81% であった。

得られた圧力容器 1 の破壊圧力（平均値）は 184 MPa であった。この値は、充填圧の 2.6 倍に相当した。このときの破裂状態は、いずれも胴部中央付近に穴があくのみで容器が分割しない理想的な破裂の仕方であった。

疲労特性試験の結果、圧力容器 1 が破裂するまでの圧力変動操作繰り返し数（平均値）は 1 1 0 7 8 回であった。

以上のように、実施例 1 の圧力容器 1 では、破裂特性、疲労特性において優れた結果が得られた。しかも、実施例 1 の圧力容器 1 では、繊維強化樹脂層の重量が 5 6 5 3 g であることから軽量化も可能であった。

[比較例 1]

充填圧 7 0 M P a の圧力容器を以下の手順で作製した。この比較例では、比較的伸度が大きい強化繊維を用いた。

強化繊維①に樹脂①を含浸させた強化繊維樹脂 3 からなる繊維強化樹脂層 4 を容器本体 2 上に形成し、中間体容器 5 を得た。繊維強化樹脂層 4 は、実施例 1 と同様の 5 層構造とした。中間体容器 5 の胴部の中央部で繊維強化樹脂層 4 の厚みを測定したところ、約 1 5 mm であった。

中間体容器 5 を、実施例 1 と同様にして加熱処理した。繊維強化樹脂層 4 の重量は 6 6 4 1 g であった。

次いで、中間体容器 5 を、実施例 1 と同様にして自緊処理し、圧力容器を得た。自緊処理時の容器表面の周方向の歪は 0. 8 1 % であった。

圧力容器の破壊圧力は 2 3 1 M P a であった。この値は、充填圧の 3. 3 倍に相当した。このときの破裂状態は、いずれも胴部中央付近に穴があくのみで容器が分割しない理想的な破裂の仕方であった。

疲労特性試験の結果、圧力容器が破裂するまでの圧力変動操作繰り返し数は、1 0 8 1 8 回であった。

この圧力容器では、伸度が大きい強化繊維を使用して、破壊圧力／充填圧力を高めたが、疲労特性は高く保持されるものの、重量が大きくなってしまったことが確認された。

[比較例 2]

充填圧 7 0 M P a の圧力容器を以下の手順で作製した。この比較例では、比較的伸度が小さい強化繊維を用いた。

強化繊維④に樹脂①を含浸させた強化繊維樹脂 3 からなる繊維強化樹脂層 4 を容器本体 2 上に形成し、中間体容器 5 を得た。

繊維強化樹脂層 4 は、実施例 1 と同様の 5 層構造とした。中間体容器 5 の胴部の中央部で繊維強化樹脂層 4 の厚みを測定したところ、約 9 mm であった。

中間体容器 5 を、実施例 1 と同様にして加熱処理した。繊維強化樹脂層 4 の重量は 4 1 2 9 g であった。

次いで、中間体容器 5 を、実施例 1 と同様にして自緊処理し、圧力容器を得た。自緊処理時の容器表面の周方向の歪は 0. 8 1 % であった。

圧力容器の破壊圧力は 1 4 8 MP a であった。この値は、充填圧の 2. 1 倍に相当した。破裂時には、胴部中央付近から容器が分割してしまった。

疲労特性試験の結果、圧力容器が破裂するまでの圧力変動操作繰り返し数は、4 7 8 3 回であった。

この圧力容器では、伸度が小さい強化繊維を使用して軽量化を図ったが、破壊圧力が低くなり、破壊圧力／充填圧力が低下するとともに、疲労特性も劣化することが確認された。

[実施例 2]

充填圧 7 0 MP a の圧力容器 1 を以下の手順で製造した。

強化繊維④に樹脂①を含浸させた強化繊維樹脂 3 を用いて、容器本体 2 上に周方向配向層 3 a／軸方向配向層 3 b／周方向配向層 3 a を順次形成した。

次いで、強化繊維④より伸度の大きい強化繊維③に樹脂①を含浸させた強化繊維樹脂 3 を用いて、上記周方向配向層 3 a 上に軸方向配向層 3 b／周方向配向層 3 a を順次形成し、中間体容器 5 を得た。

この圧力容器 1 では、繊維強化樹脂層 4 が 5 層構造を有し、構成層のうち内側の 3 層に用いられている強化繊維のストランド弾性率が、外側の 2 層に用いられている強化繊維のストランド弾性率よりも大きくなっている。

中間体容器 5 の胴部の中央部で繊維強化樹脂層 4 の厚みを測定したところ、約 1 0. 5 mm であった。

中間体容器 5 を、実施例 1 と同様にして加熱処理した。繊維強化樹脂層 4 の重

量は4861gであった。

次いで、中間体容器5を、実施例1と同様にして自緊処理し、圧力容器を得た。自緊処理時の容器表面の周方向の歪は0.81%であった。

圧力容器1の破壊圧力は188MPaであった。この値は、充填圧の2.7倍に相当した。このときの破裂状態は、いずれも胴部中央付近に穴があくのみで容器が分割しない理想的な破裂の仕方であった。

疲労特性試験の結果、圧力容器1が破裂するまでの圧力変動操作繰り返し数は、10329回であった。

この圧力容器1では、破裂特性、疲労特性等において優れた結果が得られ、しかも軽量化が可能であった。

[比較例3]

充填圧70MPaの圧力容器を以下の手順で製造した。

強化繊維⑤に上記樹脂①を含浸させた強化繊維樹脂3を用いて、容器本体2上に繊維強化樹脂層4を形成し、中間体容器5を得た。

繊維強化樹脂層4は、実施例1と同様の5層構造とした。中間体容器5の胴部の中央部で繊維強化樹脂層4の厚みを測定したところ、約16.5mmであった。

中間体容器5を、実施例1と同様にして加熱処理した。繊維強化樹脂層4の重量は7355gであった。

次いで、中間体容器5を、実施例1と同様にして自緊処理し、圧力容器を得た。自緊処理時の容器表面の周方向の歪は0.81%であった。

圧力容器の破壊圧力は247MPaであった。この値は、充填圧の3.5倍に相当した。このときの破裂状態は、いずれも胴部中央付近に穴があくのみで容器が分割しない理想的な破裂の仕方であった。

疲労特性試験の結果、圧力容器が破裂するまでの圧力変動操作繰り返し数は、10818回であった。

この圧力容器では、破裂特性、疲労特性において良好な特性を有するものの、重量が極めて大きくなり、軽量化の点で望ましくないことが確認された。

〔比較例 4〕

自緊処理圧力を 105 MPa としたこと以外は実施例 1 と同様にして、充填圧 70 MPa の圧力容器を作製した。繊維強化樹脂層 4 の重量は 5631 g であった。

自緊処理時の容器表面の周方向の歪は 0.68% であった。

また、破壊圧力は 186 MPa であった。この値は、充填圧の 2.7 倍に相当した。このときの破裂状態は、いずれも胴部中央付近に穴があくのみで容器が分割しない理想的な破裂の仕方であった。

疲労特性試験の結果、圧力容器が破裂するまでの圧力変動操作繰り返し数は、1055 回であった。

自緊処理圧力を充填圧の 5/3 倍 ($70 \times 5/3 = 117$ MPa) より低い値としたこの圧力容器では、疲労特性が著しく劣るものであった。

〔比較例 5〕

自緊処理圧力を 140 MPa としたこと以外は実施例 1 と同様にして、充填圧 70 MPa の圧力容器を製造した。容器表面の周方向の歪は約 0.91% であった。繊維強化樹脂層 4 の重量は 5647 g であった。

また、破壊圧力は 183 MPa であった。この値は、充填圧の 2.6 倍に相当した。このときの破裂状態は、いずれも胴部中央付近に穴があくのみで容器が分割しない理想的な破裂の仕方であった。

疲労特性試験の結果、圧力容器が破裂するまでの圧力変動操作繰り返し数は、1612 回であった。

この圧力容器は、自緊処理圧力を大きくした結果、無負荷状態での容器本体に掛かる圧縮応力が容器本体の材料の降伏点を超え、疲労特性が著しく劣るものとなった。

〔実施例 3〕

強化繊維④に樹脂①を含浸させた強化繊維樹脂に代えてトウプリプレグ②を用い、強化繊維③に樹脂①を含浸させた強化繊維樹脂に代えてトウプリプレグ①を

用いた以外は、実施例 2 と同様にして、充填圧 7 0 M P a の圧力容器を製造した。繊維強化樹脂層の重量は 4 6 0 8 g であった。

自緊処理時の容器表面の周方向の歪は約 0 . 8 1 % であった。

また、破壊圧力は 1 8 7 M P a であった。この値は、充填圧の 2 . 7 倍に相当した。このときの破裂状態は、いずれも胴部中央付近に穴があくのみで容器が分割しない理想的な破裂の仕方であった。

疲労特性試験の結果、圧力容器が破裂するまでの圧力変動操作繰り返し数は、1 0 1 8 6 回であった。

上記実施例および比較例の結果を表 1 に示す。

実施例 1 ～ 3 の圧力容器は、破裂特性および疲労特性に優れ、軽量化が可能なものであり、しかも理想的な破裂状態を呈するものであった。

これに対して、破裂特性または疲労特性が良好な比較例の圧力容器では、軽量化の点に問題があった（比較例 1、3）。一方、軽量化が図られた比較例の圧力容器では、破裂特性、疲労特性が劣るものであった（比較例 2、4、5）。比較例 2 の圧力容器では、破裂状態も不良であった。

表 1

	繊維強化樹脂層		厚み (mm)	重量 (g)	自緊処理 圧力 (MPa)	歪 (%)	破壊圧力 (MPa)	破壊圧力 /充填圧力 (-)	圧力変動 繰返し数 (N)	破壊状態
	第1～第3層	強化繊維/樹脂 第4および 第5層								
実施例 1	MR40/#700B	同左	13	5653	125	0.81	184	2.6	11078	1ピース
比較例 1	TRH50/#700B	同左	15	6641	125	0.81	231	3.3	10818	1ピース
比較例 2	HR40/#700B	同左	9	4129	125	0.81	148	2.1	4783	2分割 以上
実施例 2	HR40/#700B	MR50/#700B	10.5	4861	125	0.81	188	2.7	10329	1ピース
比較例 3	TR50S/#700B	同左	16.5	7355	125	0.81	247	3.5	10818	1ピース
比較例 4	MR40/#700B	同左	13	5631	105	0.68	186	2.7	1055	1ピース
比較例 5	MR40/#700B	同左	13	5647	140	0.91	183	2.6	1612	1ピース
実施例 3	HR40/WDE	MR60H/WDE	10	4608	125	0.81	187	2.7	10186	1ピース

第1～第5層：最内側層を第1層とし、最外側層を第5層とする。

TRH50：強化繊維①

MR40：強化繊維②

MR50：強化繊維③

HR40：強化繊維④

TR50S：強化繊維⑤

#700B：樹脂①

MR60H/WDE：トウプリプレグ①

HR40/WDE：トウプリプレグ②

1ピース：容器が分割しない破裂

2分割以上：容器の分割を伴う破裂

産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明の圧力容器およびその製造方法では、繊維強化樹脂層に自緊処理を行ったときの容器表面の周方向の歪を0.7%以上0.9%以下とし、かつ破壊圧力を充填圧力の2.2～2.8倍としたので、疲労特性および破裂特性を向上させるとともに、軽量化が可能となる。

本発明の圧力容器は、高圧ガス用の貯蔵容器等に好適に用いられる。

なお、本発明は、その主要な特徴から逸脱することなく、他のいろいろな形実施することができる。前述の実施形態は単なる例示にすぎず、限定的に解釈してはならない。また、本発明の範囲は、特許請求の範囲によって示すものであって、明細書本文には、なんら拘束されない。また、特許請求の範囲の均等範囲に属する変形や変更は、すべて本発明の範囲内のものである。

請求の範囲

1. 容器本体の表面に、樹脂を含浸させた強化繊維である強化繊維樹脂からなる繊維強化樹脂層を形成した圧力容器であって、

容器本体の表面に繊維強化樹脂層を形成し、この繊維強化樹脂層を硬化させた後、容器表面の周方向の歪が0.7%以上0.9%以下となるように内圧をかけて容器本体を塑性変形させたものであり、破壊圧力が充填圧力の2.2～2.8倍であることを特徴とする圧力容器。

2. 強化繊維は、伸度が1.4～1.6%であることを特徴とする請求項1記載の圧力容器。

3. 強化繊維は、ストランド弾性率が250GPa以上であることを特徴とする請求項1記載の圧力容器。

4. 繊維強化樹脂層は、複数の構成層からなる多層構造を有し、これら構成層のうち1つに用いられている強化繊維のストランド弾性率が、他の構成層のうち1つに用いられている強化繊維のストランド弾性率と異なることを特徴とする請求項1記載の圧力容器。

5. 繊維強化樹脂層は、強化繊維樹脂の配向方向が容器本体の周方向である周方向配向層と、強化繊維樹脂の配向方向が容器本体の軸方向である軸方向配向層とを含む多層構造を有することを特徴とする請求項1記載の圧力容器。

6. 繊維強化樹脂層は、周方向配向層と軸方向配向層とが交互に積層されたものであることを特徴とする請求項5記載の圧力容器。

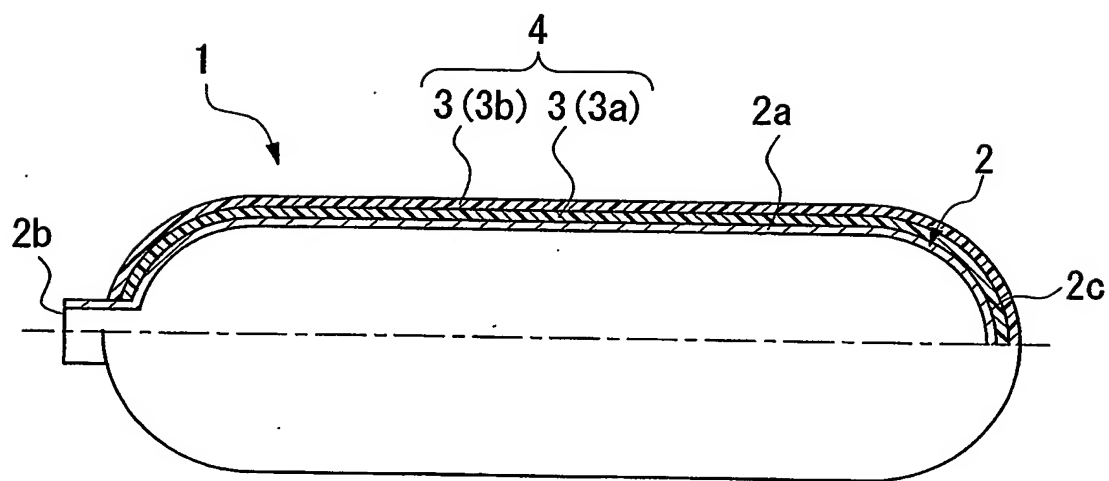
7. 繊維強化樹脂層の最外層が、周方向配向層であることを特徴とする請求項5記載の圧力容器。

8. 容器本体がアルミニウム合金からなることを特徴とする請求項1記載の圧力容器。

9. 容器本体の表面に、樹脂を含浸させた強化繊維である強化繊維樹脂からなる繊維強化樹脂層を形成し、この繊維強化樹脂層を硬化させ、破壊圧力が充填圧力の2.2～2.8倍の圧力容器を得た後、容器表面の周方向の歪が0.7%以上0.9%以下となるように内圧をかけて容器本体を塑性変形させることを特徴とする圧力容器の製造方法。

1/3

図 1



2/3

図 2 A

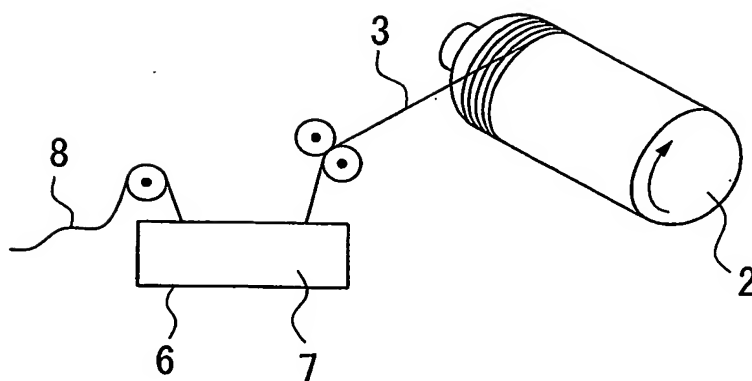


図 2 B

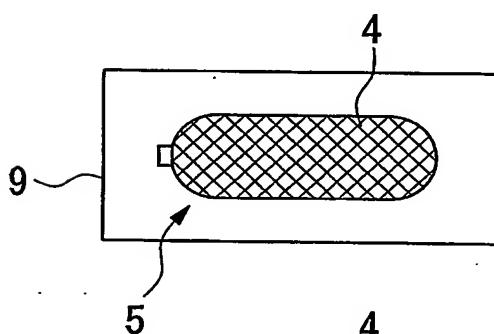


図 2 C

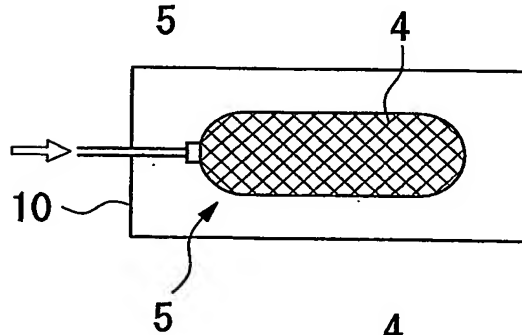
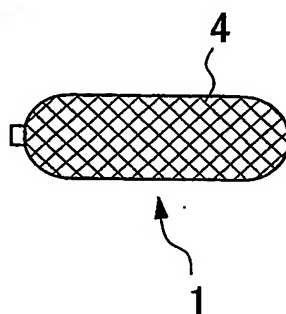


図 2 D



3/3

図 3 A

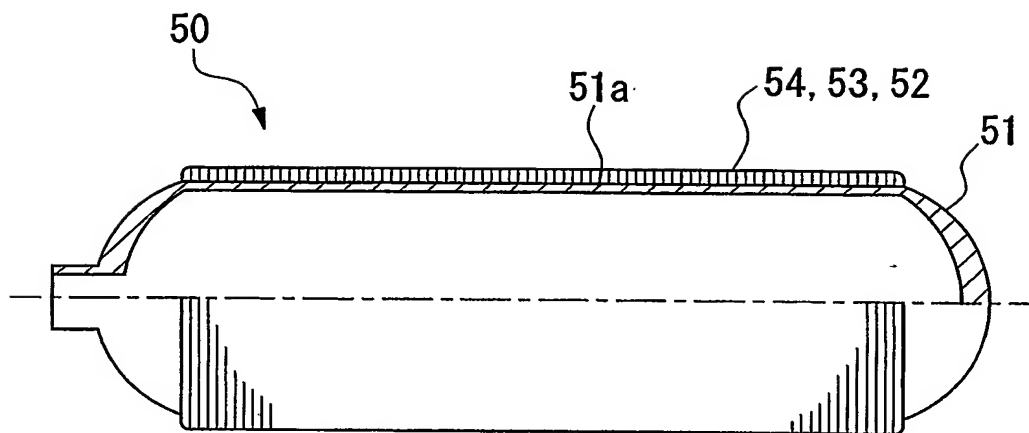
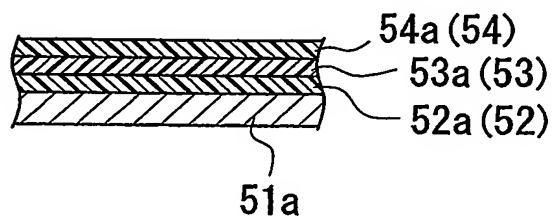


図 3 B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/15426

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ F17C1/06, B29C67/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ F17C1/04-1/06, F16J12/00, B29C67/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 50-144121 A (Martin Marietta Corp.), 19 November, 1975 (19.11.75), Page 5, upper left column, line 13 to lower right column, line 9; Figs. 1 to 5 & US 3969812 A & DE 2516395 A1	1, 5-9 2-4
Y	JP 2001-181406 A (Kanazawa Institute of Technology), 03 July, 2001 (03.07.01), Page 2, column 2, lines 12 to 18; page 3, column 3, line 49 to column 4, line 13 (Family: none)	2-3
Y	JP 6-331032 A (Kabushiki Kaisha Nippon Seikoshu), 29 November, 1994 (29.11.94), Page 2, column 1, lines 2 to 9 (Family: none)	4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
---	---

Date of the actual completion of the international search
05 February, 2004 (05.02.04)

Date of mailing of the international search report
17 February, 2004 (17.02.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/15426

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 11-230347 A (Toray Industries, Inc.), 27 August, 1999 (27.08.99), Page 5, column 7, lines 12 to 18 (Family: none).	2
Y	JP 2000-249294 A (Toray Industries, Inc.), 12 September, 2000 (12.09.00), Page 3, column 3, lines 42 to 50 (Family: none)	3

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JPO3/15426

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ F17C 1/06
B29C67/14

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ F17C 1/04 - 1/06, F16J12/00
B29C67/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2004年
日本国登録実用新案公報 1994-2004年
日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 50-144121 A (マーチン・マリエツタ・コーポレ ーション) 1975. 11. 19 第5頁左上欄第13行-同頁右下欄第9行及び第1-5図 &US 3969812 A &DE 2516395 A1	1, 5-9 2-4
Y	JP 2001-181406 A (学校法人金沢工業大学) 2001. 07. 03, 第2頁第2欄第12-18行、第3頁第3 欄第49行-同頁第4欄第13行 (ファミリーなし)	2-3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

05. 02. 2004

国際調査報告の発送日

17. 2. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

倉田 和博

3N 9627

電話番号 03-3581-1101 内線

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 6-331032 A (株式会社日本製鋼所) 1994. 11. 29, 第2頁第1欄第2行-同欄第9行 (ファミリーなし)	4
Y	J P 11-230347 A (東レ株式会社) 1999. 08. 27, 第5頁第7欄第12行-同欄第18行 (ファミリーなし)	2
Y	J P 2000-249294 A (東レ株式会社) 2000. 09. 12, 第3頁第3欄第42行-同欄第50行 (ファミリーなし)	3